

Центр ультразвуковых технологий

**Ультразвуковые аппараты
для работы в аномальных
условиях температур и
давлений (в космосе)**

www.u-sonic.ru

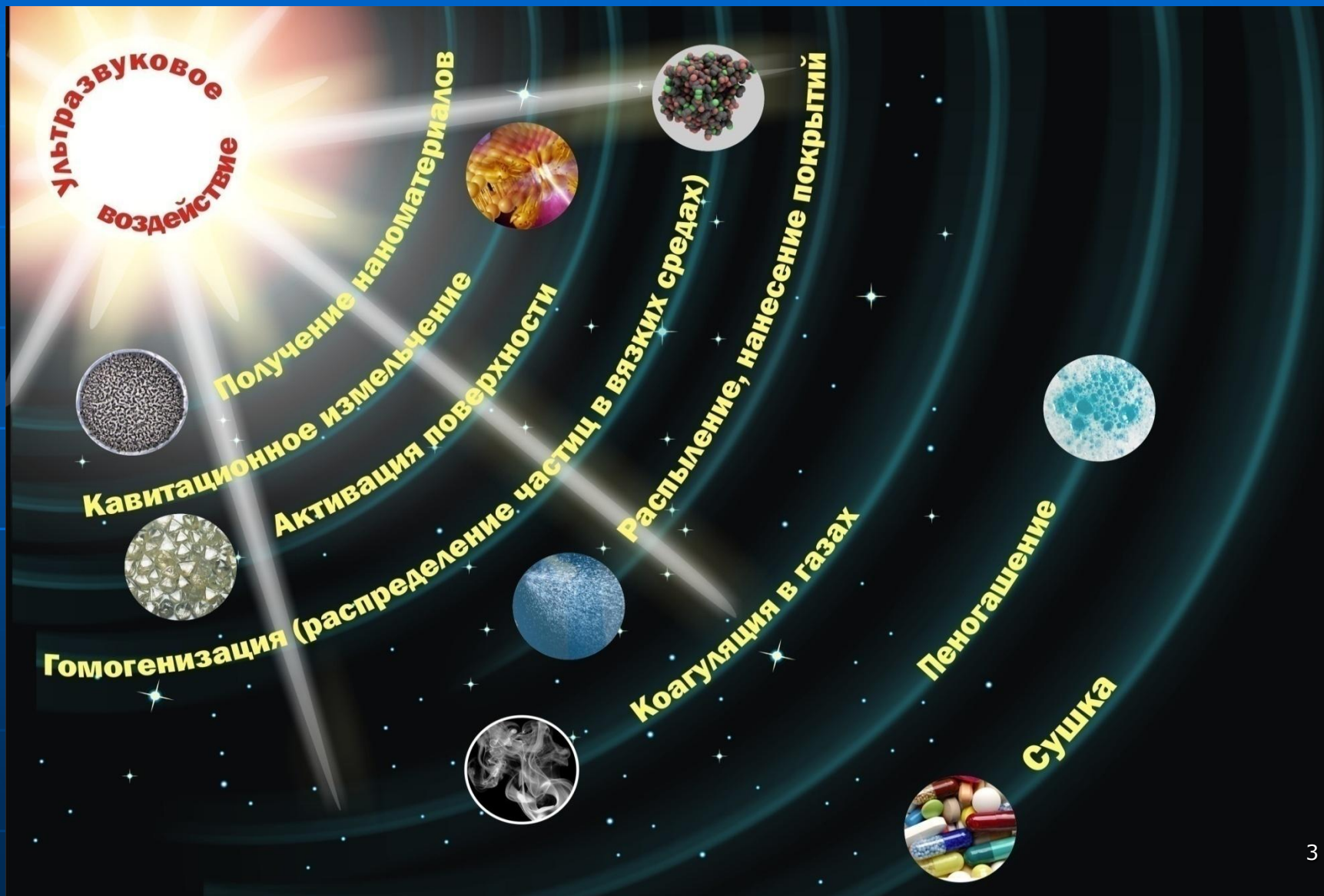
Хмелёв Владимир Николаевич



Доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ, Senior Member IEEE. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, автор более 1000 научных публикаций (в т.ч. более 100 патентов, более 20 монографий и учебников) Зам. директора по научной работе Бийского технологического института ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова".

***+7 9039925120
vnh@u-sonic.ru***

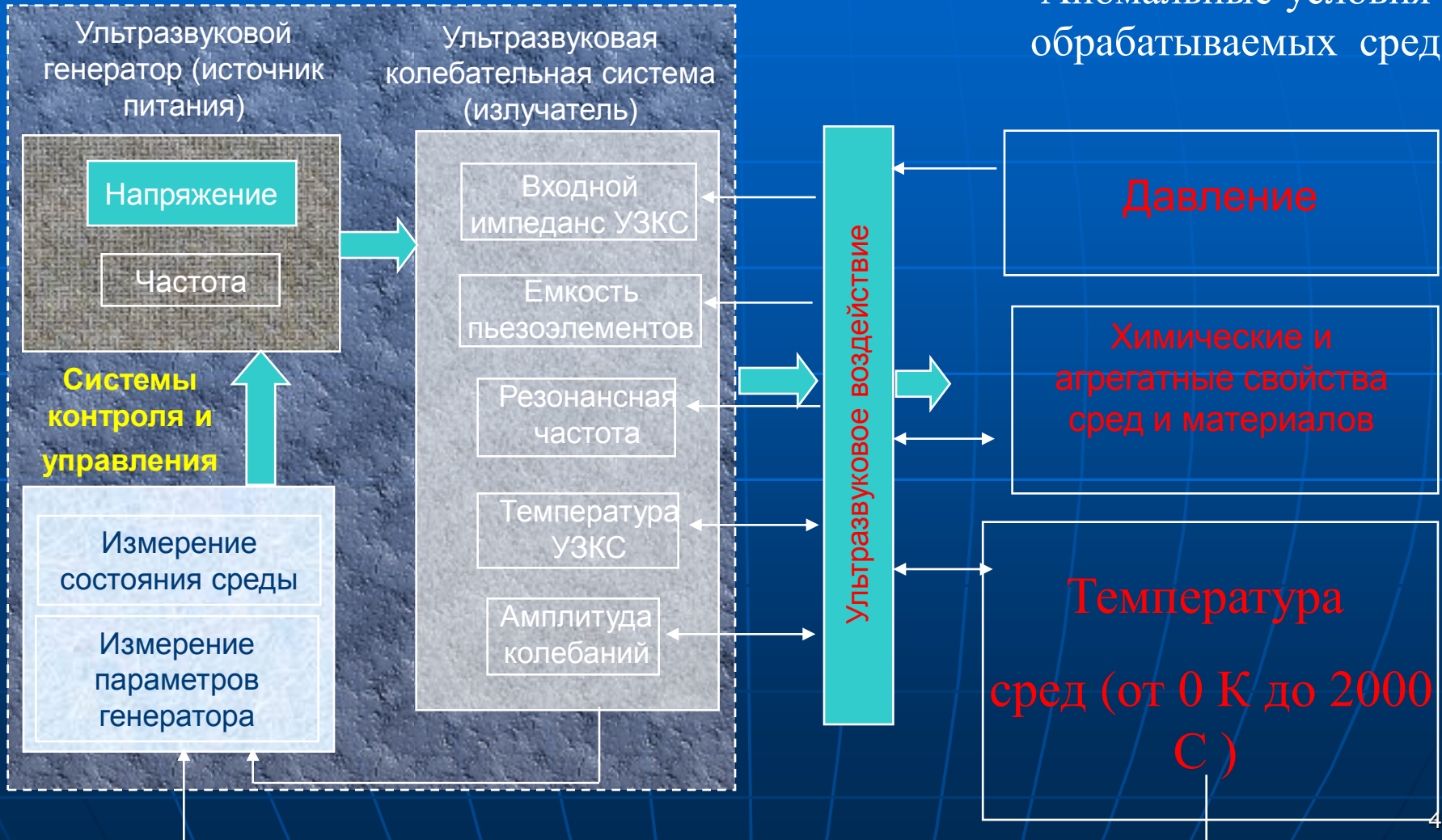
Применение ультразвуковых аппаратов в аномальных условиях



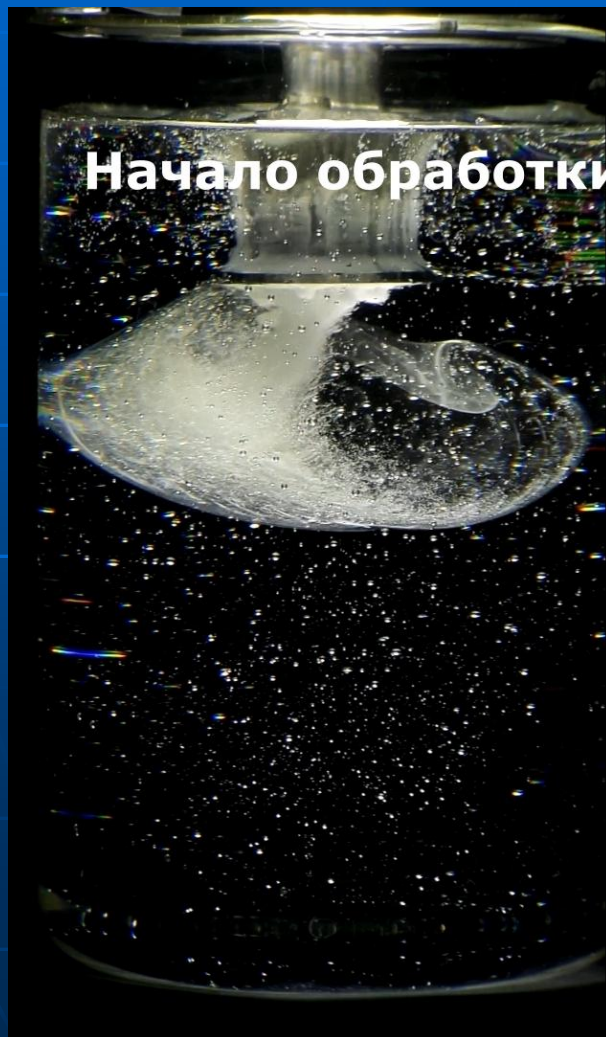
Ультразвуковое воздействие в аномальных условиях

Ультразвуковой технологический аппарат

Аномальные условия обрабатываемых сред



Влияние температуры жидкой среды



Ультразвуковая обработка расплавленного металла (Т более 1000 градусов С)

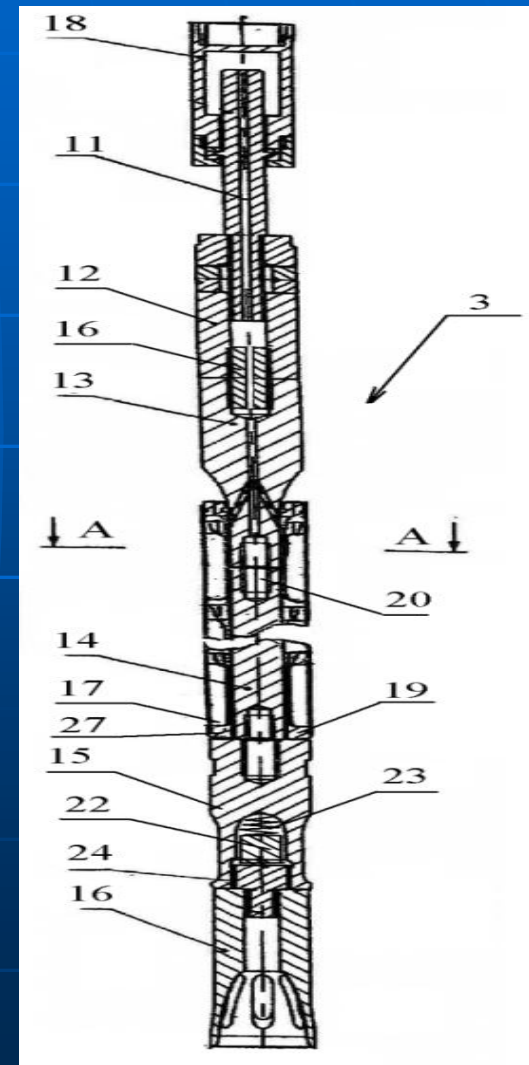
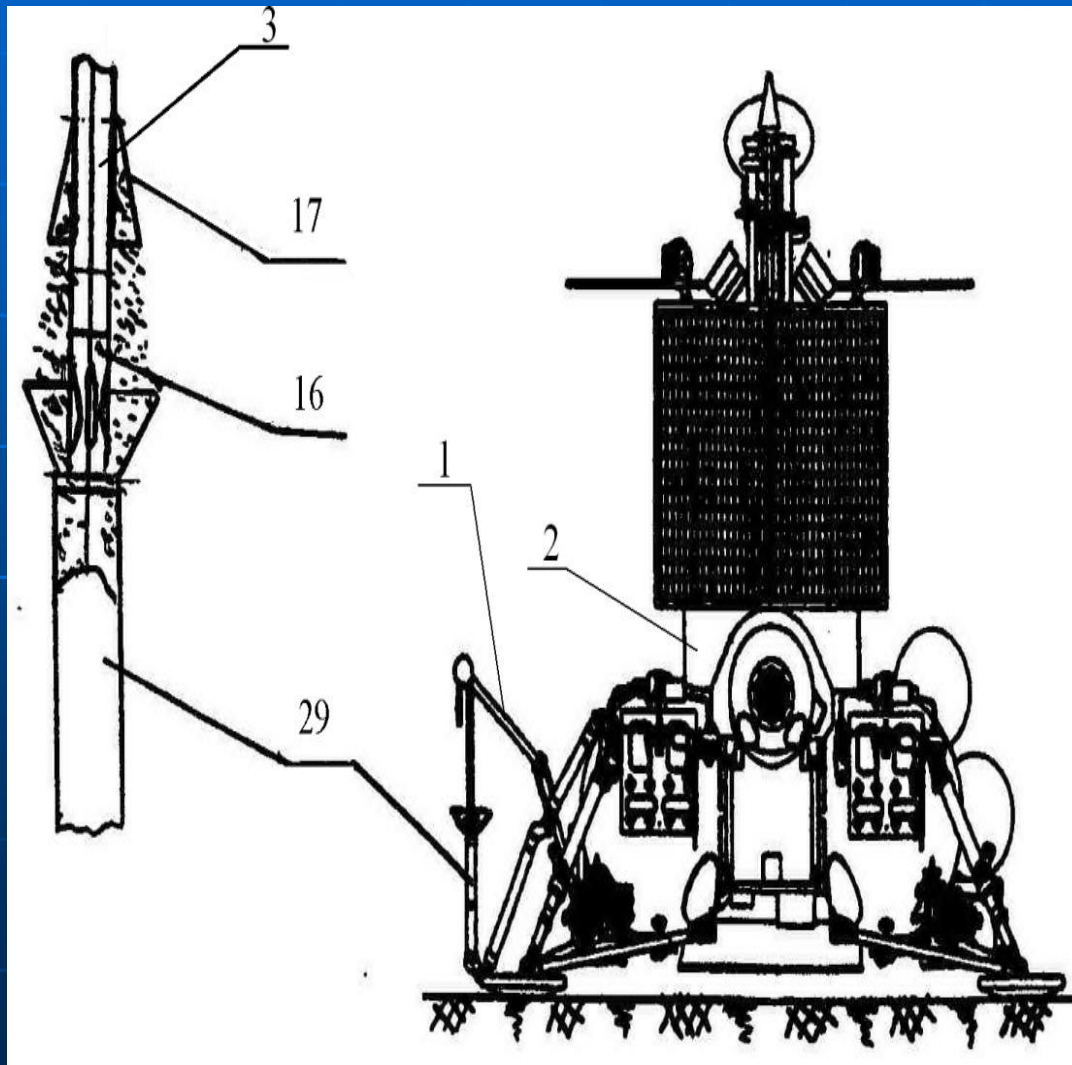


u-sonic.ru 6

Бурение замороженного грунта (Т жидкого азота)



Бурение грунта на планетах и астероидах (Т от 0 К до 1000К)



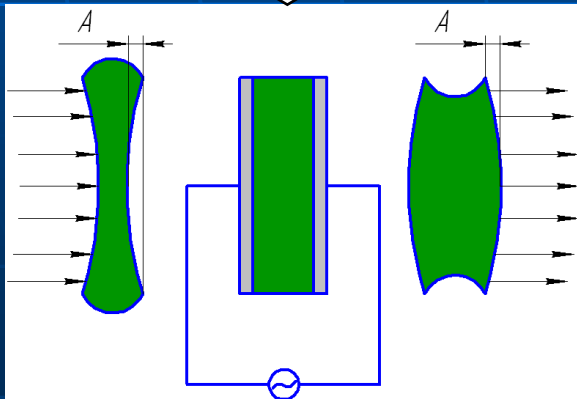
Piezoelectric transducers

Piezoelectric effect

Polarization of a dielectric at squeezing



Inverse piezoelectric effect



Piezoelectric materials



Natural quartz
1000V- 1 μ m/cm



Synthetic piezoelectric materials
1000V-50 μ m/cm
Zirconate - titanate of plumbum
PZT-5, PZT-8
(ZTP-23), APC-841

Piezoelectric elements

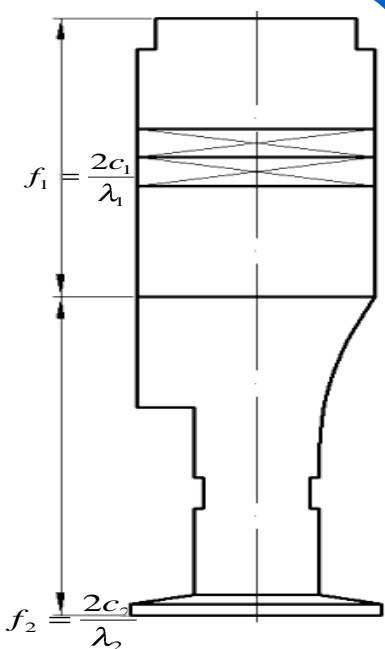


Влияние аномальных сред на излучатель

Температурное
воздействие

Нагрев или охлаждение
металлов инструмента
 $\Delta F \sim f(P, \alpha_k)$

Нагрев или охлаждение
пьезокерамики
 $\Delta F \sim f(T, U)$



Внешнее
воздействие

Давление

Состояние среды
(Твердое - жидкое)

Влияние среды
(вязкость, дисперсность)

Влияние
процесса (бурение)

Режим воздействия

$F_{\text{генератора}} - ?$
($22 \pm 1,65$ кГц)

Без нагрузки
23 кГц

Повышение
давления
22 кГц

Повышение или понижение
температуры
24 до 20 кГц

Низкотемпературные и высокотемпературные разрушения

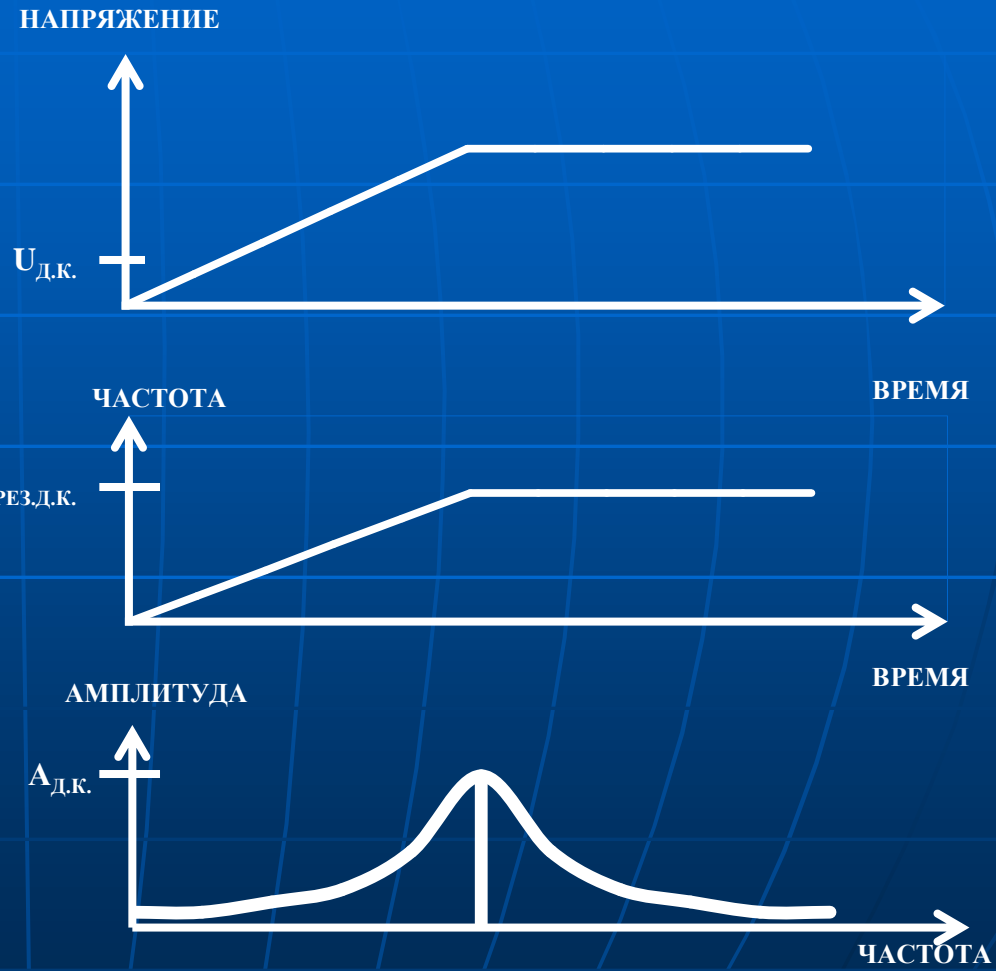


Пьезоэлектрическая колебательная система при низкой температуре (0 К)

- формирования колебаний с момента подачи электрического напряжения на электроды пьезоэлектрического элемента, обеспечивая необходимое нарастание амплитуды механических колебаний при условии совпадения частоты подаваемых электрических напряжений с непрерывно изменяющейся собственной резонансной частотой колебательной системы.

■ ФОТО СИСТЕМЫ В ЖИДКОМ АЗОТЕ

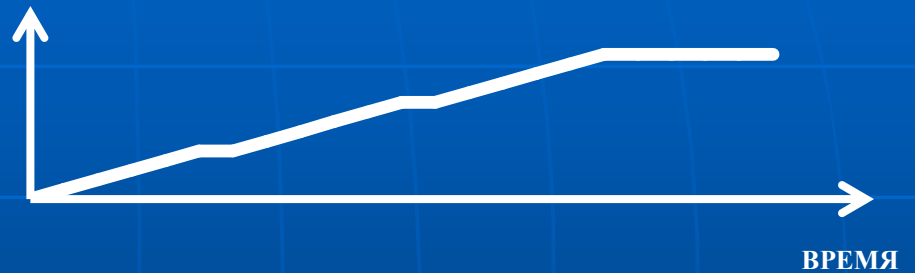
Формирование колебаний при низких температурах



Реализация воздействий при низких температурах



НАПРЯЖЕНИЕ

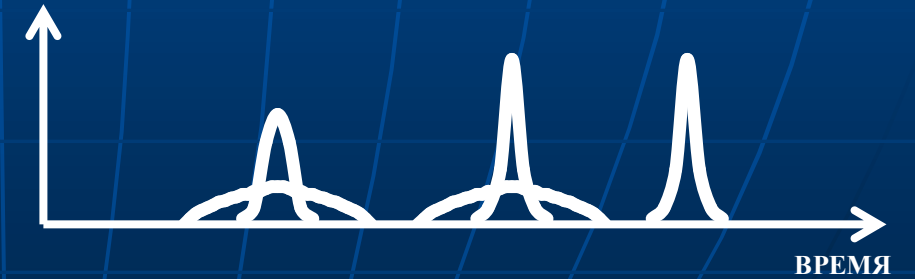


ЧАСТОТА

$f_{\text{РЕЗ.ГАЗ.}}$



ЧАСТОТА



ВРЕМЯ

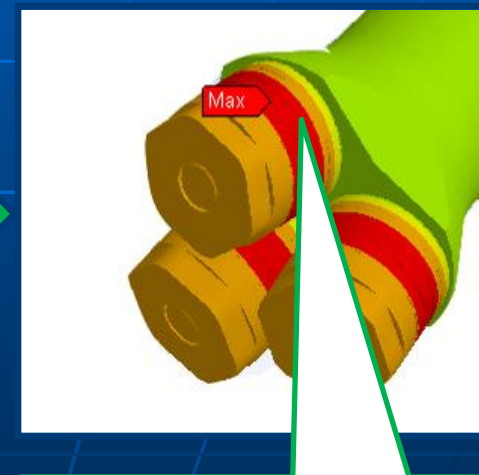
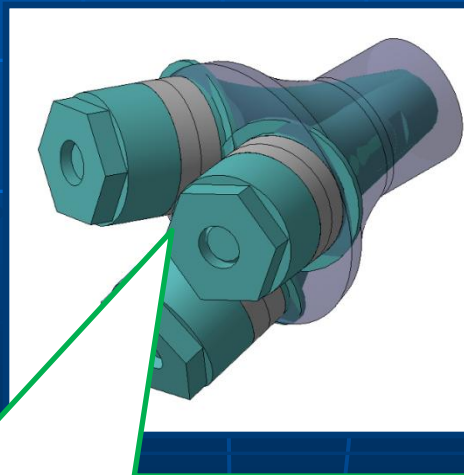
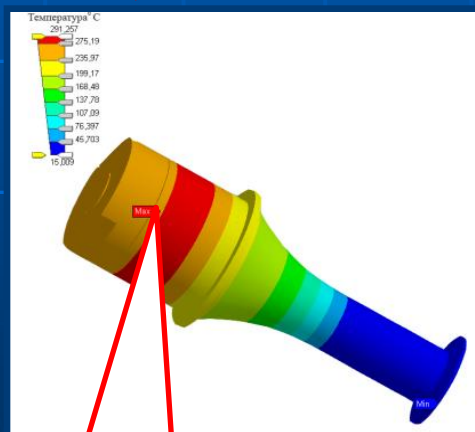
Работа пьезопреобразователя при высоких температурах

Недостаточная площадь
поверхности излучения

Плохое согласование с
обрабатываемой средой

Необходимость
разработки
новых
конструкций
излучающих
элементов

Недостаточная мощность



Перегрев при
мощности более
150 Вт

Разработка многоэлементного
преобразователя – электрическая мощность
распределяется по элементам, механические
колебания суммируются

Отсутствие перегрева
до 300 Вт без
принудительного
охлаждения

Стенд для низкотемпературных исследований



Стенд для низкотемпературных исследований

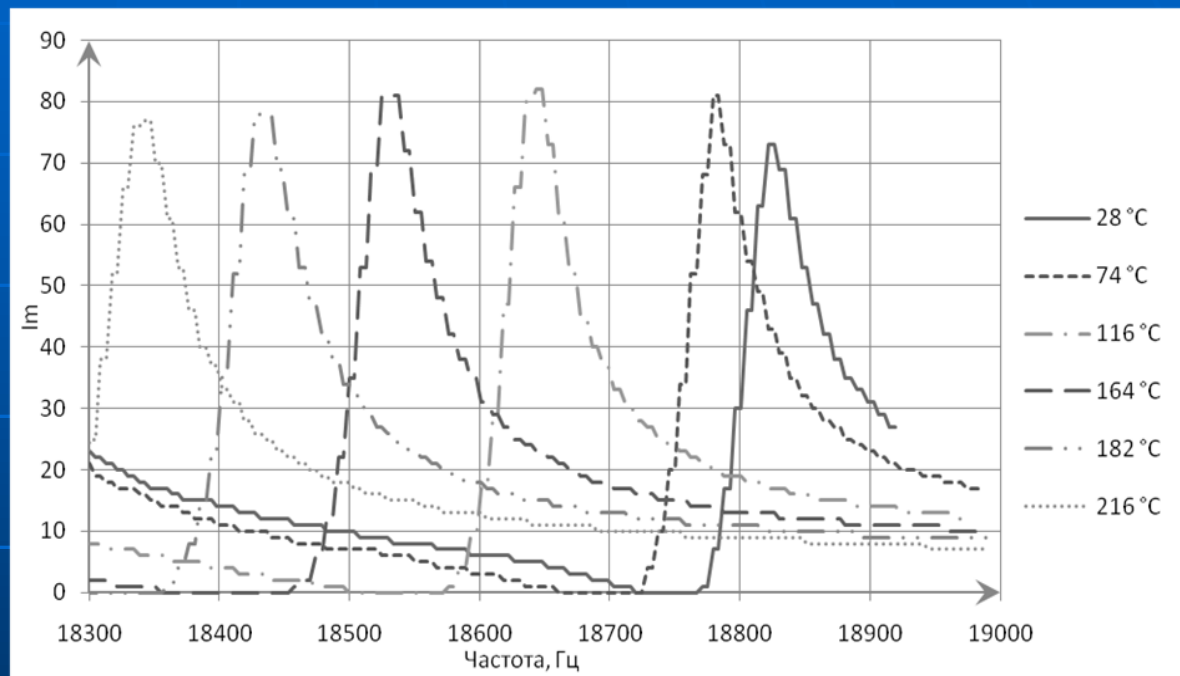


Внешний вид огнеупорной камеры

Влияние температуры излучающей поверхности на рабочую частоту

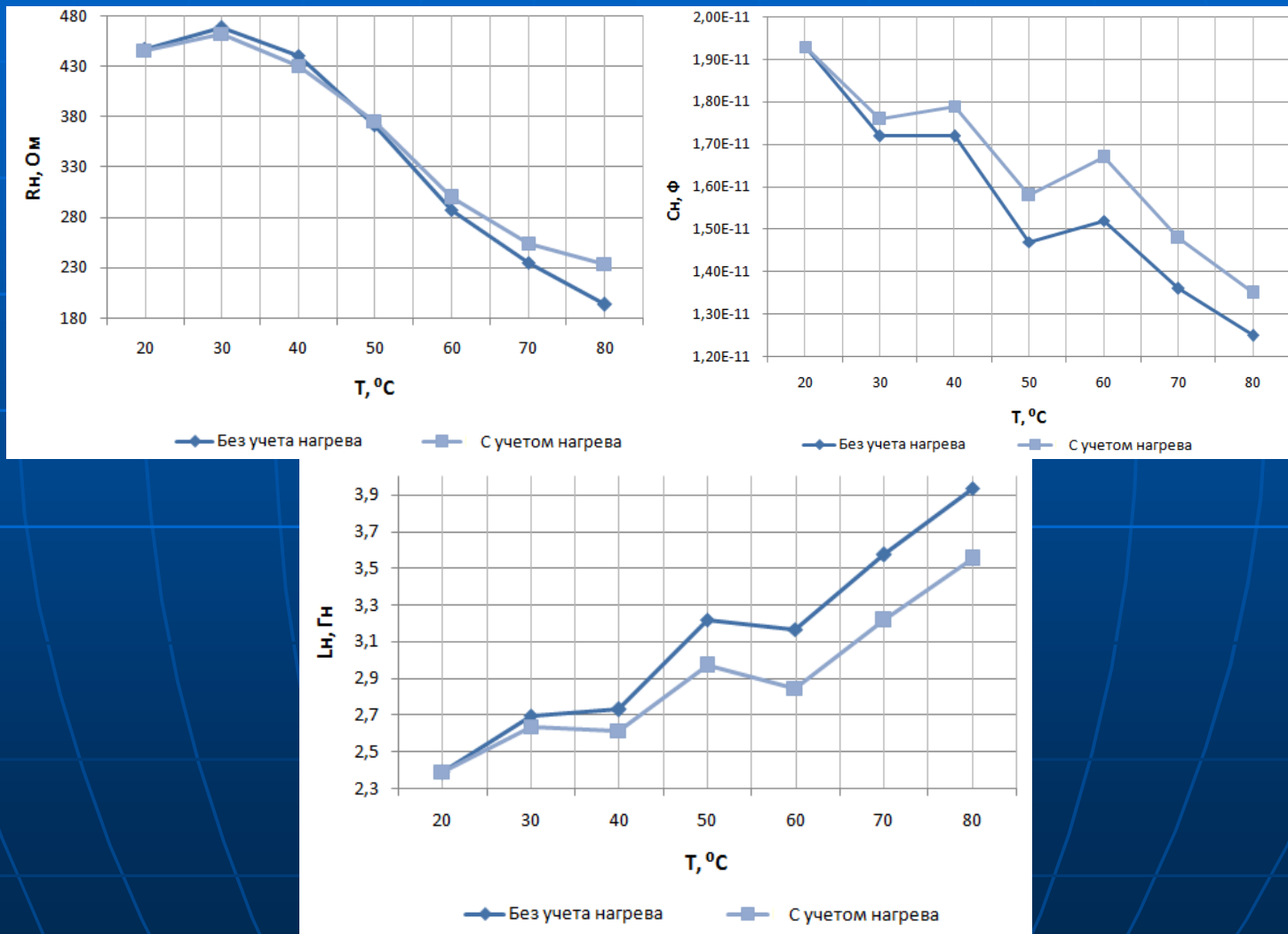


Ультразвуковой аппарат «Соловей»

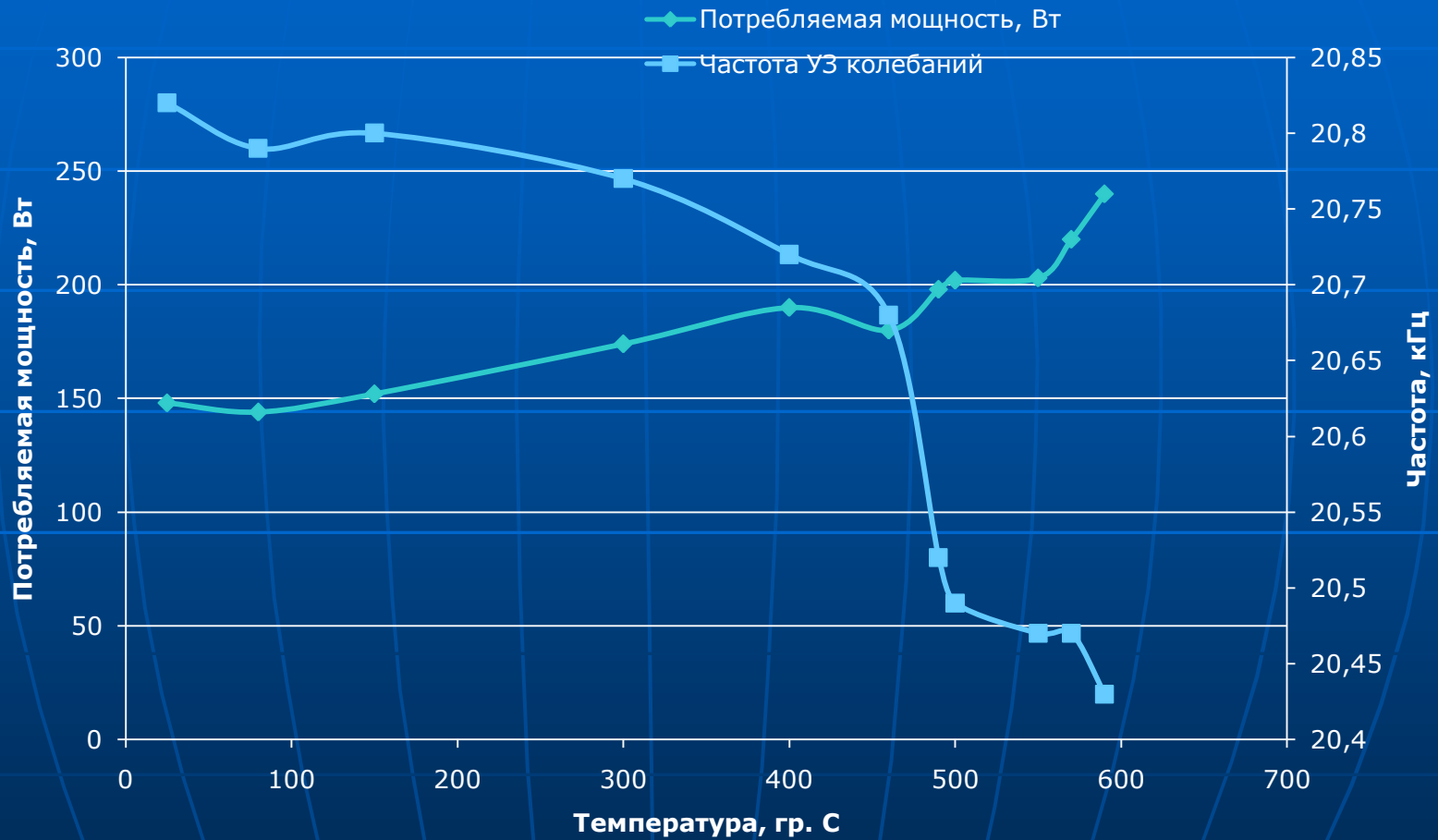


АЧХ тока механической ветви при различной температуре УЗ излучателя (излучение в газовую среду, т.е. без нагрузки)

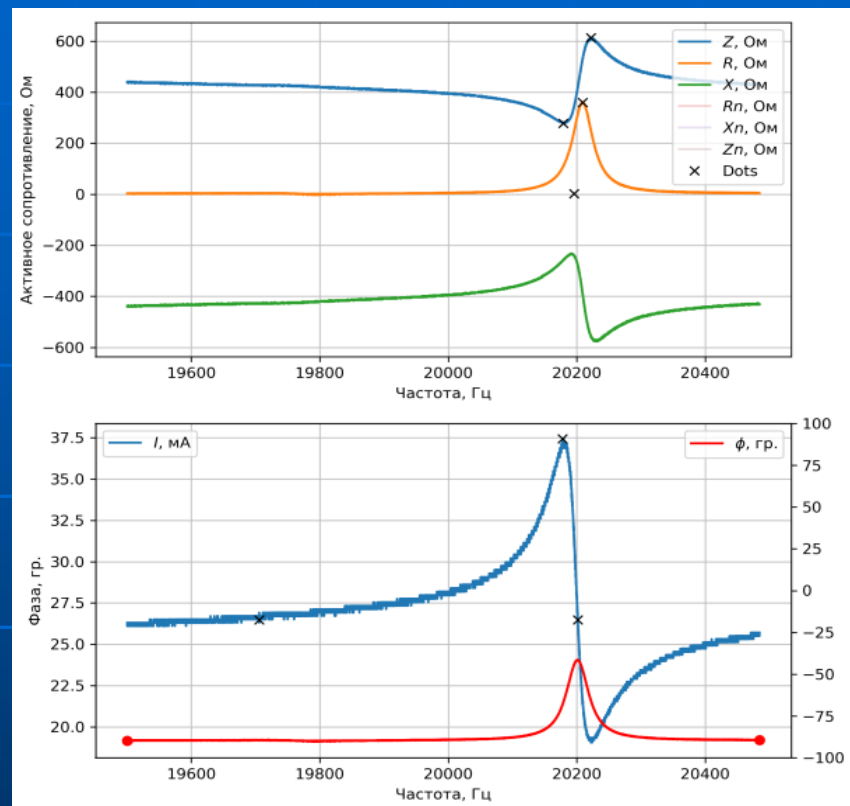
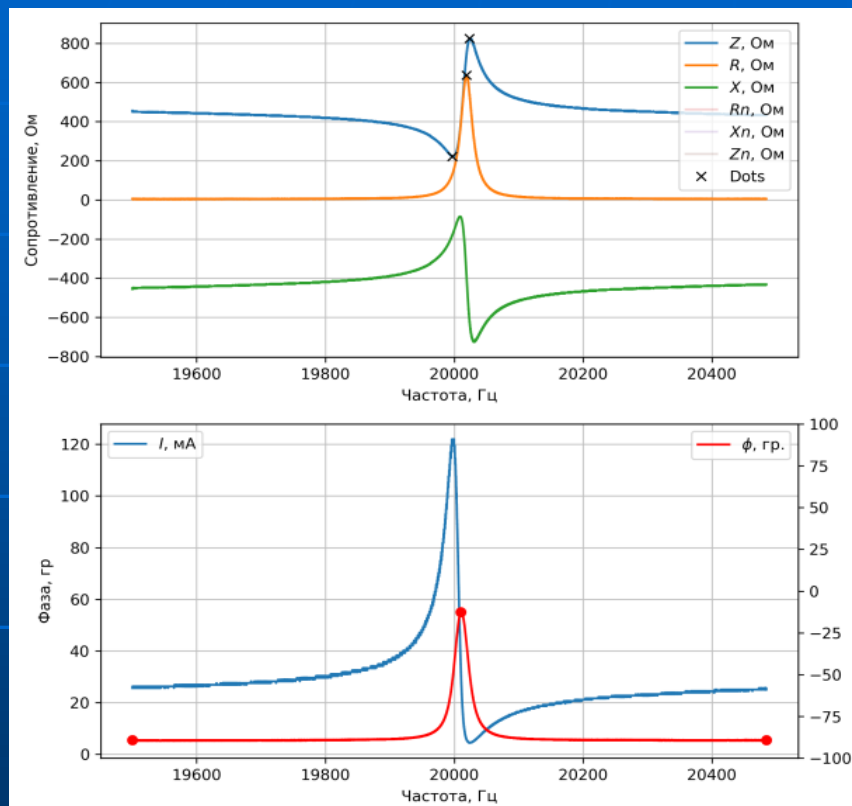
Влияние нагрева на параметры пьезоизлучателя



Изменение мощности и резонансной частоты

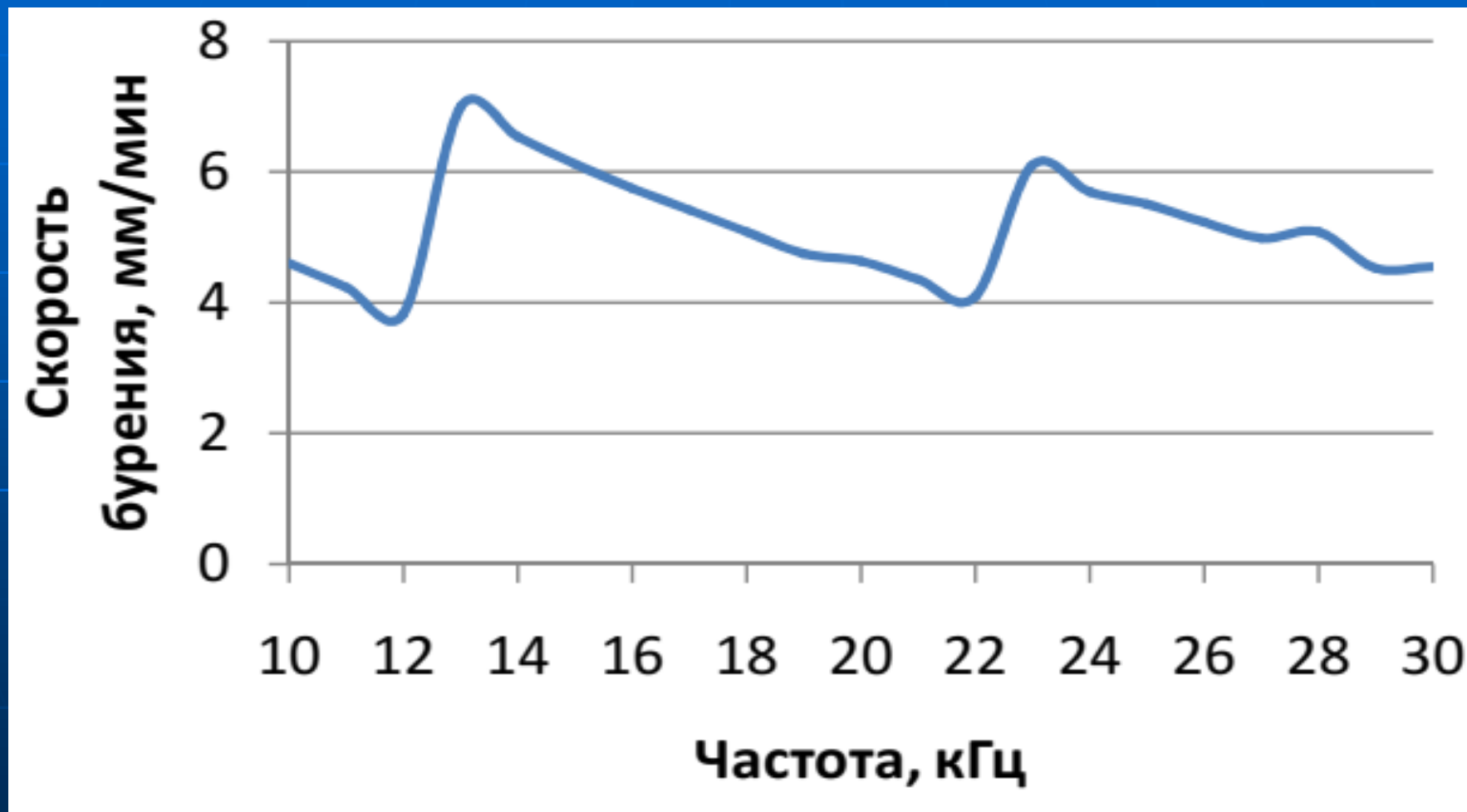


Характеристики излучателя

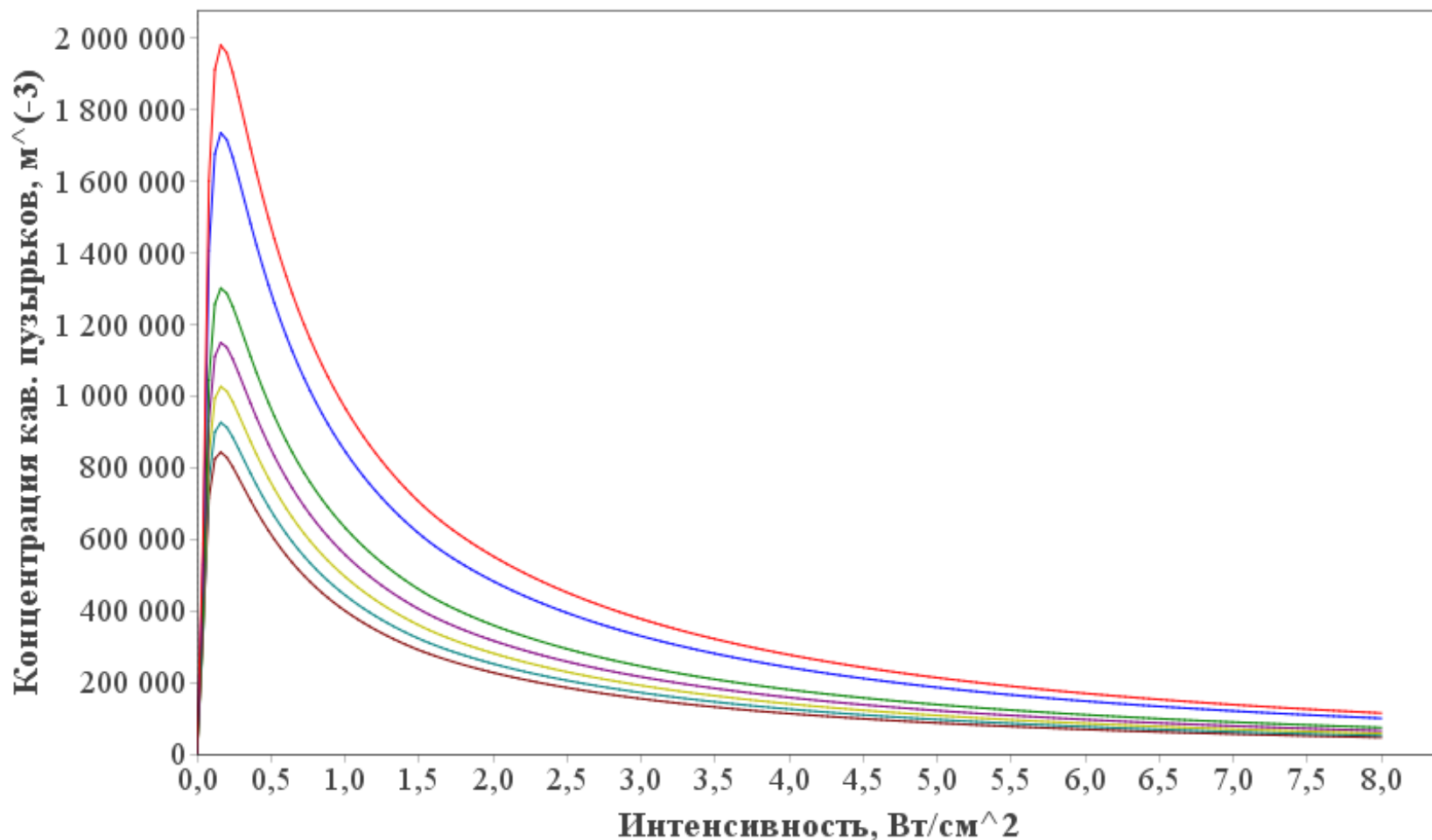


Импедансные характеристики, АЧХ и ФЧХ УЗКС на воздухе и при работе в расплавленном алюминии

Скорость бурения при изменении частоты

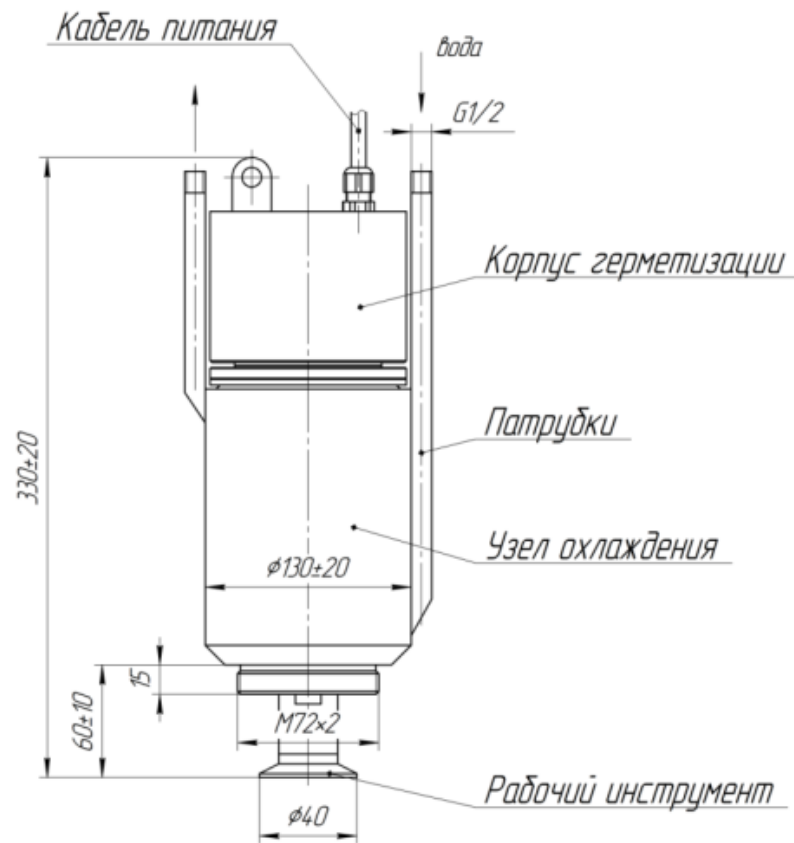
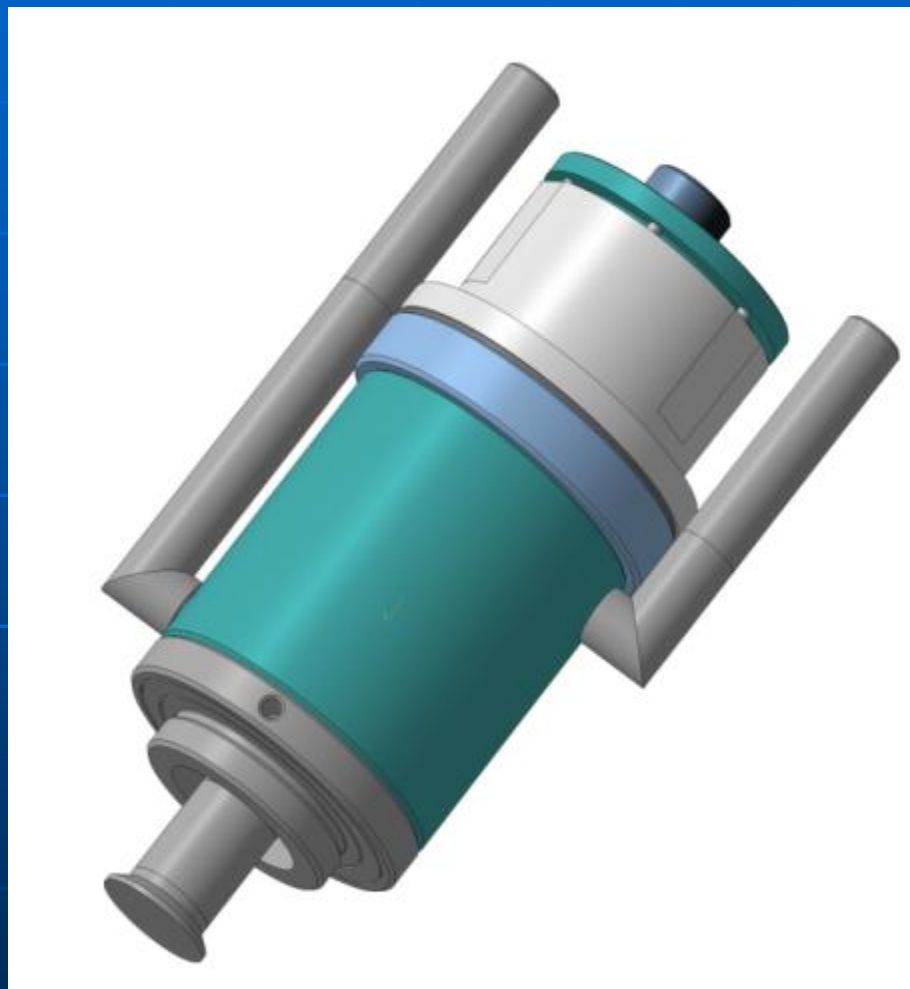


ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА КАВИТАЦИЮ



— 933.15 K (660.00 °C) — 973.15 K (700.00 °C) — 1073.15 K (800.00 °C) — 1123.15 K (850.00 °C) — 1173.15 K (900.00 °C)
— 1223.15 K (950.00 °C) — 1273.15 K (1000.00 °C)

Термозащита пьезопреобразователя

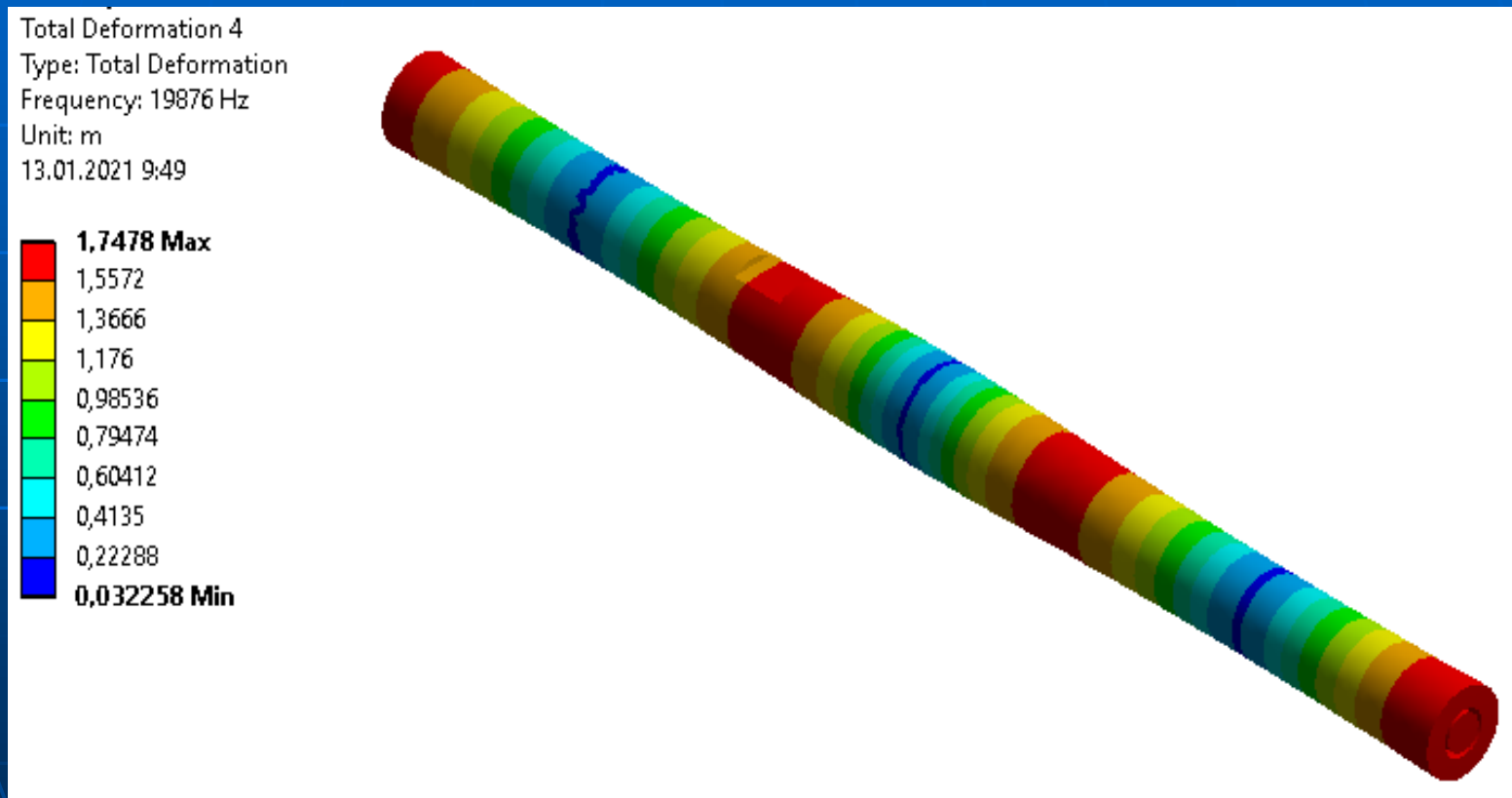


1. Длина кабеля питания - 25 м.

Воздействие на расплавы металлов

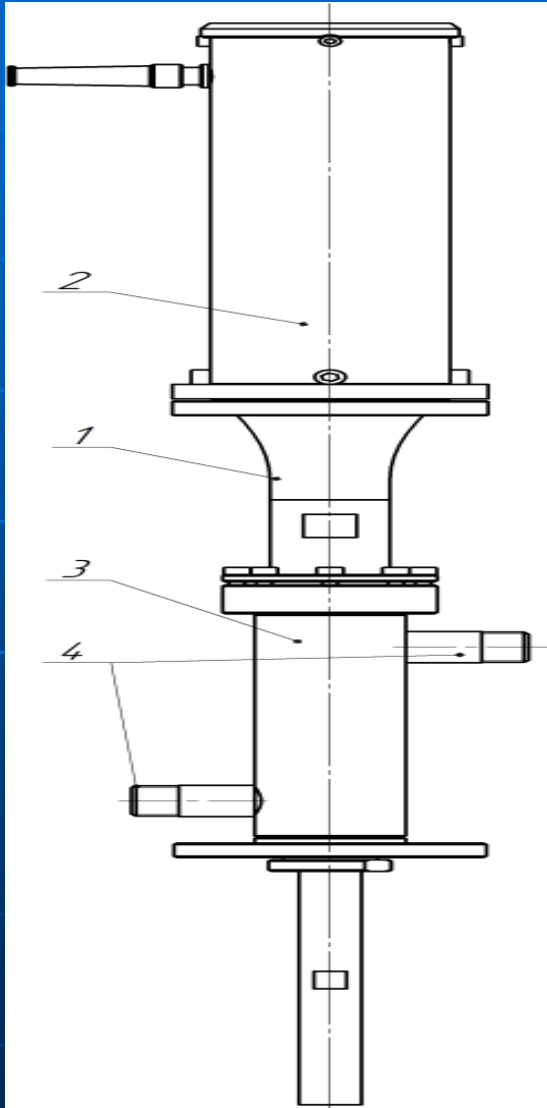


Применение инструментов из высокотемпературных материалов (ниобий, молибден)

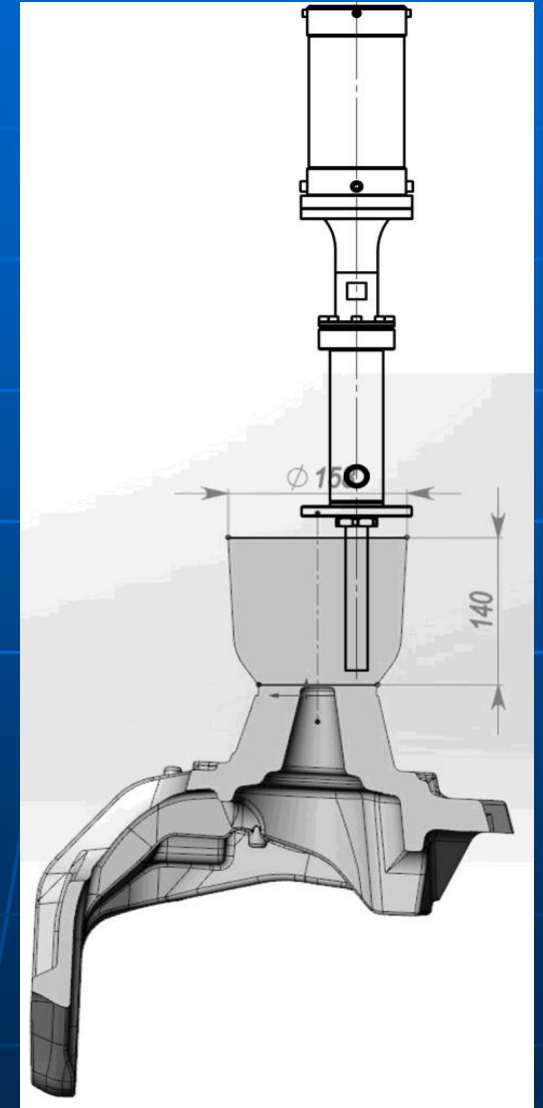


Распределение колебаний инструмента из ниобия при 1000 К

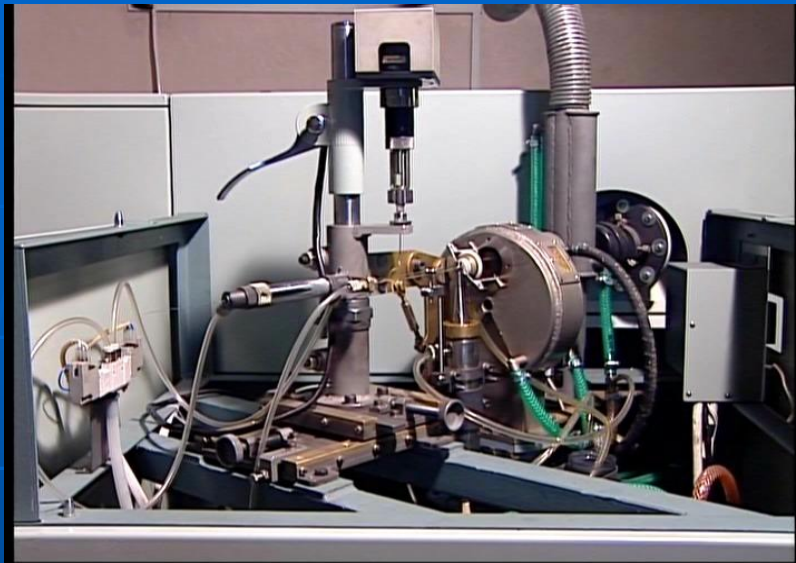
Ультразвуковая обработка расплавов



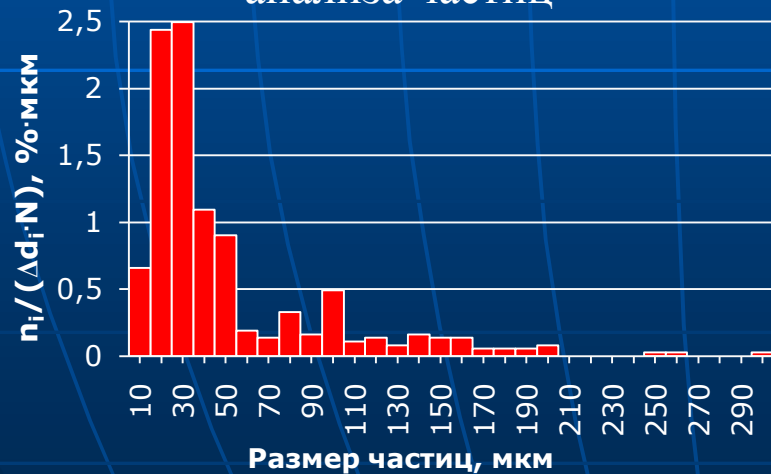
1 – Ультразвуковая колебательная система; 2 – корпус пьезопреобразователя 3 – теплообменник; 4 – патрубки;



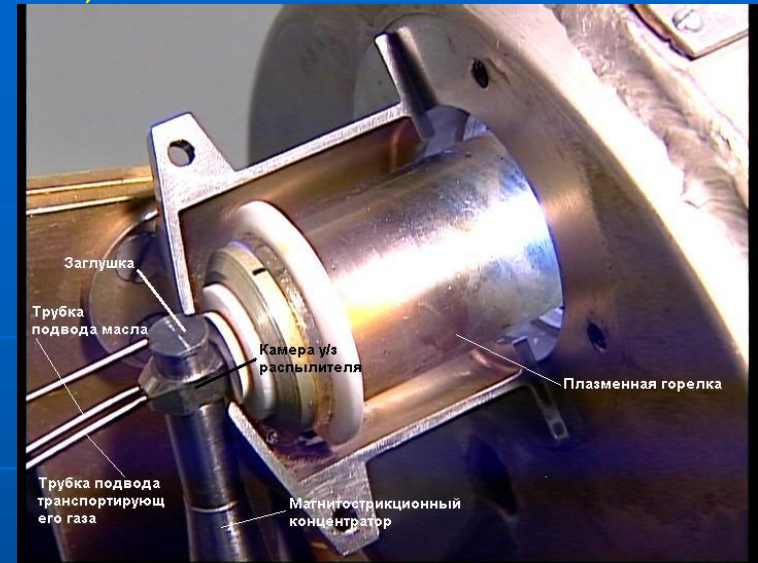
Распыление высоковязких жидкостей с наночастицами



Установка спектрального анализа частиц



Частота распылителя 60 кГц

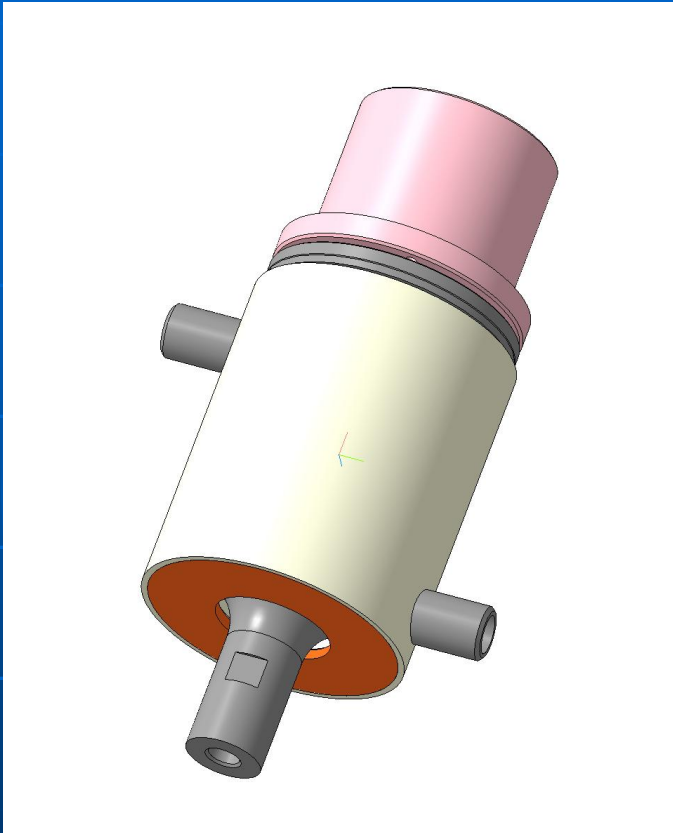


Ультразвуковой распылитель установленный в плазменной горелке



Частота распылителя 22 кГц

Распыление расплава алюминия



УЗКС для наложения колебаний на распылительную форсунку



Распылительное борудование

Ультразвуковые аппараты для работы в аномальных условиях по давлению, температуре и химической агрессивности



1- Термозащита преобразователя; 2- работа при высоких давлениях; 3 – химическая стойкость; 4- погружение в аномальную среду

Промышленные ультразвуковые аппараты

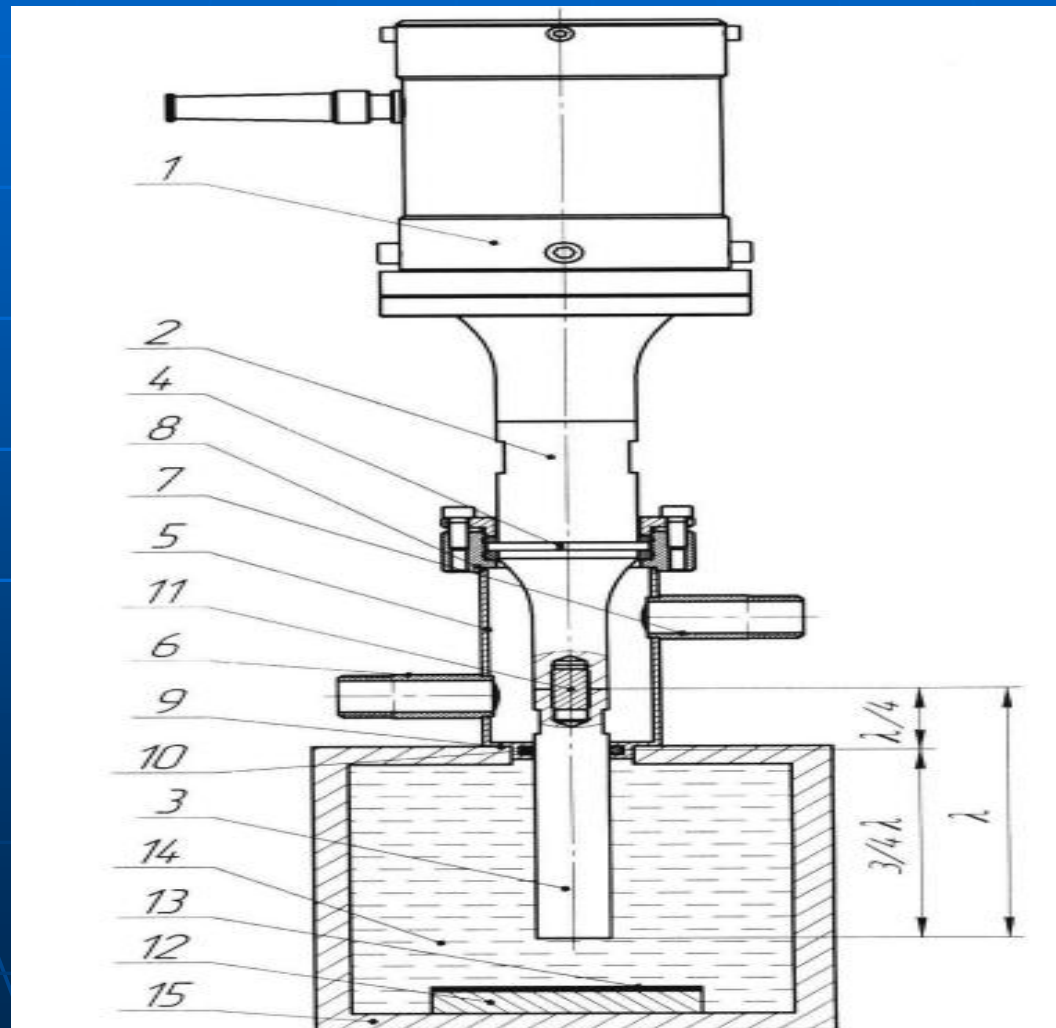


1- проточный объем; 2- проточный объем с охлаждением; 3- проточный объем с охлаждением; 4- объем с возможностью
монтажа нескольких колебательных систем

Промышленные установки



Исследование стойкости покрытий в аномальных условиях



Аппарат для бурения в аномальных условиях



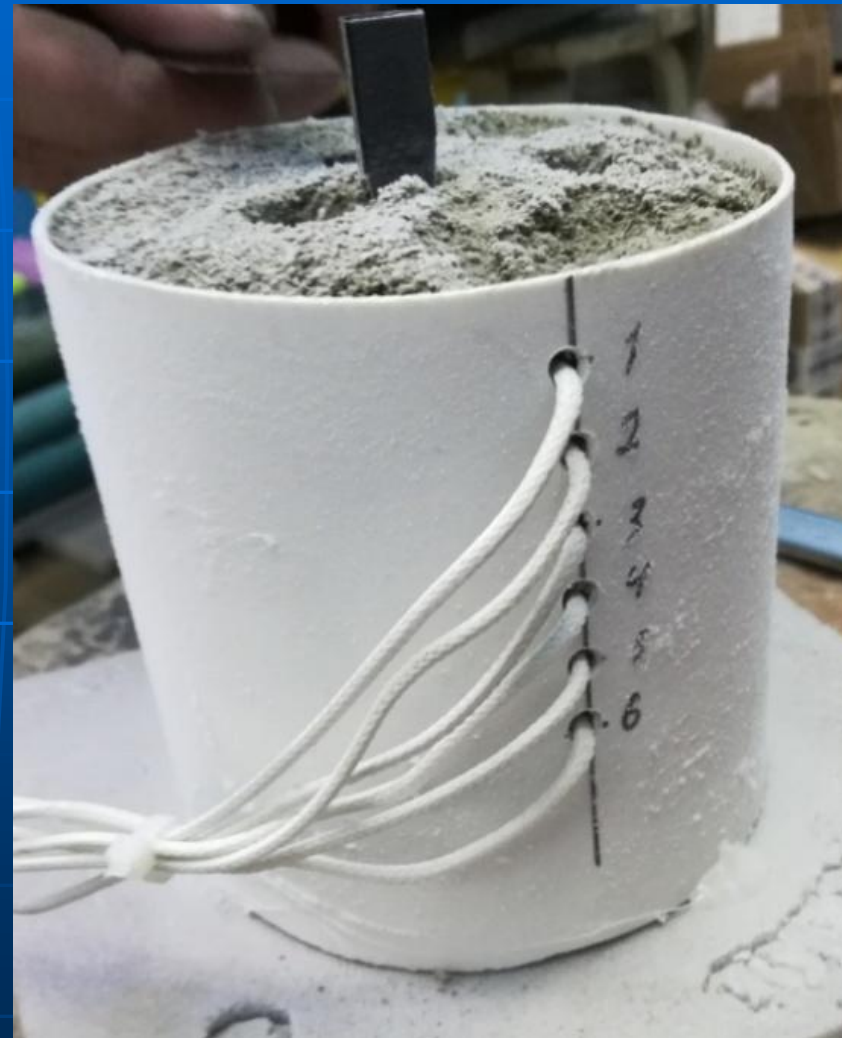
Стенд для бурения



Буровой инструмент для УЗ сверления с разрушением грунта



Проведение исследований бурения при низких температурах



Результаты исследований УЗ бурения при низких температурах

